



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرجان

بهره‌برداری و پرورش آبزیان  
جلد پنجم، شماره اول، بهار ۱۳۹۵  
<http://japu.gau.ac.ir>

## بررسی فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، کروم و روی) در آب و رسوب سواحل استان گلستان

\* غلامعلی بندانی<sup>۱</sup>، حسینعلی خوشباور رستمی<sup>۲</sup>، محمد شکرزاده لموکی<sup>۳</sup> و حسن نظری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> مربی مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی گرگان، گرگان، آستادیار مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آب‌های داخلی گرگان، گرگان، <sup>۲</sup> دانشیار گروه سم‌شناسی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، <sup>۳</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیولوژی جانوران دریا، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۲۰

### چکیده

حضور فلزات سنگین بیش از استاندارد تعریف شده در زیستگاه‌های آبی می‌تواند باعث بروز مشکلات و عوارض زیست‌محیطی قابل توجهی برای موجودات آبی شود. در این تحقیق غلظت فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، کروم و روی) در ۴ منطقه سواحل غربی و شرقی استان گلستان، تالاب گمیشان و خلیج گرگان در آب و رسوبات در ۱۱ ایستگاه مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفت. اندازه‌گیری فلزات در آب و رسوب از روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی صورت گرفت. نتایج حاصل نشان داد که بیشترین مقدار فلزات سنگین موجود در آب معادل ۲۱۴/۸۳ میکروگرم بر لیتر مربوط به فلز سرب در تالاب گمیشان و کمترین مقدار آن معادل ۲۸/۸۳ میکروگرم بر لیتر مربوط به فلز کروم در ساحل شرقی در فصل زمستان بود. همچنین بیشترین مقدار فلزات سنگین موجود در رسوب معادل ۳۰۰۰/۷ میکروگرم بر لیتر مربوط به فلز روی در تالاب گمیشان در فصل تابستان و کمترین مقدار آن معادل ۱۲۱/۷ میکروگرم بر لیتر مربوط به فلز کادمیوم در خلیج گرگان در فصل بهار بود. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در آب و رسوب در مناطق مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ( $P > 0.05$ ). بالاترین سطح فلز مورد ارزیابی شده در تمام مناطق مربوط به فلز روی در رسوب بود. علاوه بر این، بالاترین غلظت فلزات سنگین در آب مربوط به فلز سرب و در رسوبات

\* مسئول مکاتبه: [banda\\_gh@yahoo.com](mailto:banda_gh@yahoo.com)

مربوط به فلز روی بود. به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که سطح غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در مقایسه با استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO)<sup>۱</sup> از مقدار کمتری برخوردار بود.

**واژه‌های کلیدی:** فلزات سنگین، آب، رسوب، دریای خزر

### مقدمه

رسوبات در طی سالیان سال در اثر فرایند رسوب‌گذاری رفته رفته بر روی هم انباشته شده و در نهایت می‌توانند به‌عنوان ثبات میزان آلودگی‌ها در نظر گرفته شوند. مقدار فلزات سنگین در لایه‌ها و طبقات مختلف رسوبات نمایانگر میزان این فلزات و مقدار آلودگی بوم سازگان در زمان رسوب‌گذاری آن لایه‌هاست (خراسانی و همکاران، ۲۰۰۶).

آلودگی یکی از مهمترین مسایل در حفاظت دریاها و حفظ تعادل بوم‌شناسی آب‌ها می‌باشد. لازمه بررسی میزان آلودگی در یک منطقه شناخت عوامل فیزیکوشیمیایی آب و همچنین منابع آلاینده می‌باشد. حضور فلزات سنگین بیش از استانداردهای تعریف شده در محیط باعث بروز مشکلات و عوارض زیست‌محیطی برای ساکنان آن محل و بوم سازگان می‌گردد (امیدی، ۱۹۹۷). این‌طور به‌نظر می‌رسد که بیشتر فلزات به شکل یونی جذب می‌شوند و جذب آن تحت تأثیر عوامل محیطی متنوعی مانند pH و دما می‌باشند (هلت، ۱۹۸۷؛ رادوجویک و باشکین، ۱۹۹۹). فلزات سنگین جزء عوامل طبیعی تشکیل دهنده آب دریاها نیز هستند و مقداری از فراوانی آن‌ها به‌صورت طبیعی از راه‌های متفاوت از قبیل فرسایش سنگ‌های معادن، باد، ذرات غبار فعالیت‌های آتشفشانی، رودخانه‌ها و آب‌های زیرزمینی وارد دریاها می‌شوند (چال، ۲۰۰۲). بیشترین فلزات سنگین موجود در سیستم‌های آبی شامل مس (Cu)، روی (Zn)، کادمیوم (Cd)، جیوه (Hg)، سرب (Pb) و نیکل (Ni) می‌باشند. این عناصر در غلظت‌های بیش از حد آستانه برای ارگانسیم‌ها سمی می‌باشند. اما تعدادی از آن‌ها (Zn و Cu) در غلظت‌های پایین‌تر هم برای متابولیسم ضروری هستند. یکسری عناصر، شامل آرسنیک (As)، نقره (Ag)، سلنیم (Se)، کروم (Cr)، آلومینیوم (Al) و آنتیموان در ایجاد مشکلات جدی در اکوسیستم‌های ساحلی (آب شیرین و مصب‌ها) شرکت می‌کنند (جلالی و آقازاده‌مشکی، ۲۰۰۶).

1- World Health Organization

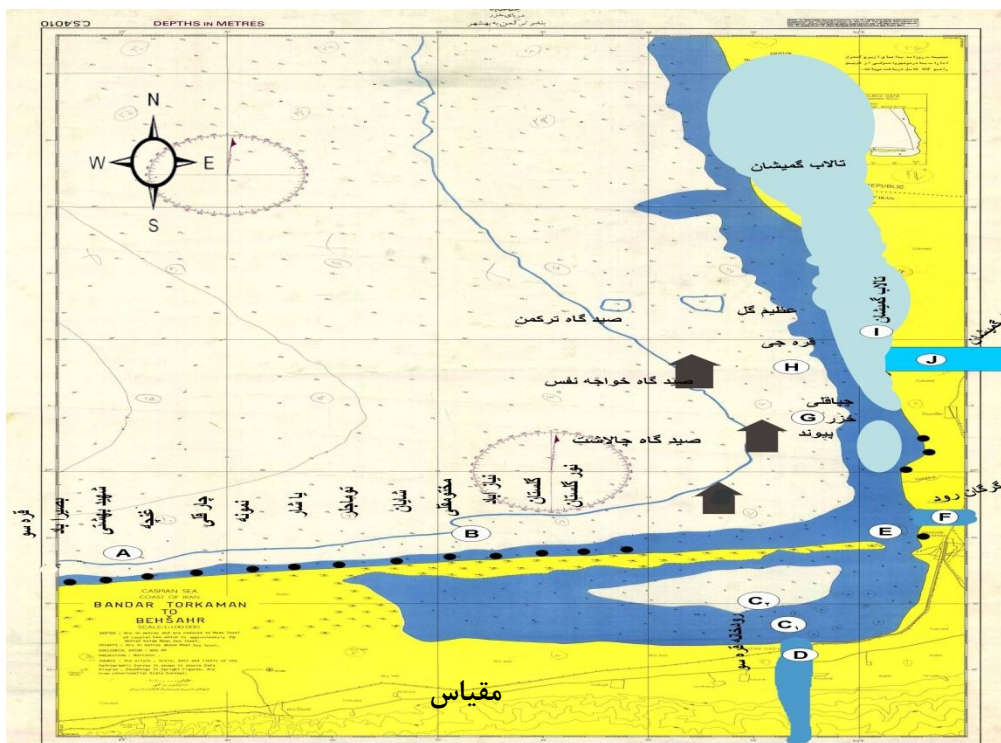
افزایش غلظت مواد مضر در آب و رسوبات در محیط‌های دریایی، افزایش حجم این مواد را در بافت بدن موجودات دریایی در پی خواهد داشت. این روند در صورت تداوم، سبب بروز تغییرات زیستی در آبزیان و ماهیان شده و از طریق زنجیره غذایی، باعث تشدید عوامل بیماری‌زا در انسان می‌شود. عناصر فلزات سنگین مثل سرب، روی و مس در صورت ورود به رودخانه‌ها یا دریا به تدریج در عمق آب رسوب می‌کنند. از آنجایی که این رسوبات برای همیشه در محیط باقی می‌ماند و امکان تصفیه رسوبات از آب دریا غیرممکن است، طبیعی است که با افزایش غلظت این مواد، تغییرات تدریجی در محیط‌زیست دریایی نیز رخ دهد (خراسانی و همکاران، ۲۰۰۶). در سال‌های اخیر چندین مطالعه در خصوص فلزات سنگین در حوزه خلیج گرگان و تالاب گمیشان انجام گرفته که در اینجا به نتایج برخی از این تحقیقات اشاره می‌شود. رجایی و همکاران (۲۰۱۲) تفاوت معنی‌داری را در غلظت فلزات سنگین موجود در آب و رسوب ایستگاه‌های مختلف در خلیج گرگان و مصب رودخانه گرگانود مشاهده کردند که بیشترین میزان غلظت فلزات سنگین در ایستگاه‌های مربوط به مصب رودخانه گرگانود و مصب رودخانه قره سو ثبت شده است. بر اساس گزارش باقری و همکاران (۲۰۱۲) ترسیم نقشه‌های پراکنش فلزات سنگین حاکی از آن است که بیشترین میزان ورودی فلزات سنگین از طریق دهانه رودخانه‌ها (گرگانود، نکارود و قره سو) و عوامل انترپوژنیک و صنعتی صورت می‌گیرد. در مطالعات حسن‌پور و همکاران (۲۰۱۲) بیشترین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب متعلق به سرب و در نمونه‌های رسوبات متعلق به روی بوده است.

سواحل استان گلستان در حوزه جنوب شرقی دریای خزر به لحاظ ارتباطی که با تالاب گمیشان، خلیج گرگان و رودخانه‌های گرگانود و قره‌سو دارند و همچنین نقشی که هر یک از این اکوسیستم‌ها در چرخه زیستی آبزیان دارند، از اهمیت خاصی برخوردار است. از طرفی بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خلیج و اثرات فاضلاب‌های ورودی به آن نشان می‌دهد که pH خلیج حدود ۸/۳ بوده و فاکتورهای سختی، میانگین قلیائیت کل و pH خلیج (بندترکمن و بندرگز) تحت تأثیر فاضلاب‌های صنعتی و سموم شیمیایی می‌باشد که این روزها با توجه به افزایش فعالیت‌های کشاورزی و کاربرد انواع سموم و دفع آفات خطرات جدی متوجه این اکوسیستم آبی می‌گردد (رضوانی گیل کلایی، ۲۰۰۱). اختلاف ساختار محیطی مناطق مورد بررسی که این اختلاف شامل تفاوت در اکوسیستم سواحل غربی و شرقی و ارتباط آن‌ها با رودخانه‌های آب شیرین (حوزه مصب رودخانه گرگان و قره سو)، پوشش گیاهی و نفوذ آب دریا در بخش ساحلی (تالاب گمیشان و خلیج گرگان) می‌باشد، از

دلایل اصلی انتخاب این مناطق برای این پژوهش بوده است. بنابراین در این مطالعه چهار منطقه ساحل غربی، ساحل شرقی، تالاب گمیشان و خلیج گرگان در فصول زمستان، بهار و تابستان به‌عنوان ایستگاه‌های شاخص در نظر گرفته شدند.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی و مقایسه سطح غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم، کروم و روی نمونه‌برداری از آب و رسوبات در ۴ منطقه شامل خلیج گرگان، تالاب گمیشان، ساحل شرقی و ساحل غربی و در ۱۱ ایستگاه در سه فصل زمستان، بهار و تابستان صورت گرفت (شکل ۱، جدول ۱). معیار انتخاب ایستگاه‌ها بر اساس موقعیت مصب رودخانه‌ها و کانال‌های ارتباطی بین خشکی و تالاب و خلیج دریا بوده است.



شکل ۱- مناطق و ایستگاه‌های نمونه‌برداری در سواحل استان گلستان (ایستگاه‌های نمونه‌برداری با حروف لاتین مشخص شده است).

جدول ۱- مشخصات طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه.

ردیف	شماره ایستگاه	طول و عرض جغرافیایی	ردیف	شماره ایستگاه	طول و عرض جغرافیایی
۱	C <sub>1</sub>	۳۶° ۴۹' ۵۳"	۷	I	۳۶° ۵۸' ۱۲"
۲	C <sub>2</sub>	۳۶° ۴۹' ۵۰"	۸	J	۵۳° ۵۳' ۴۲"
۳	E	۵۴° ۰۲' ۲"	۹	A	۳۶° ۵۷' ۲۵"
۴	F	۳۶° ۵۸' ۱۷"	۱۰	B	۵۳° ۵۳' ۰۶"
۵	G	۵۳° ۵۹' ۴۹"	۱۱	D	۳۶° ۴۲' ۳۷"
۶	H	۳۶° ۵۸' ۳۲"			۵۳° ۵۲' ۴"
		۵۳° ۵۹' ۴۶"			۳۶° ۵۴' ۳۴"
		۳۶° ۴۶' ۲۴"			۵۳° ۵۲' ۰۰"
		۵۳° ۱۶' ۵۲"			۳۶° ۵۴' ۳۴"
		۳۶° ۴۸' ۵۷"			۵۳° ۰۲' ۴۲"
		۵۳° ۵۱' ۳۲"			

**آنالیز نمونه آب:** در نمونه‌برداری آب به لحاظ کم عمق بودن منطقه (کمتر از ۱ متر)، نمونه‌ها از عمق میانی آب به اندازه ۱ لیتر برداشته شدند که پس از ثبت مشخصات محل نمونه‌برداری تا زمان انتقال به آزمایشگاه در یخچال مرکز تحقیقات ذخایر آبریان آب‌های داخلی- گرگان نگهداری شدند. ظروف نمونه‌برداری آب از جنس پلی‌اتیلن بوده که در ابتدا با استفاده از اسیدنتریک ۵ درصد شسته شده و سپس با کمک آب مقطر سه بار آبکشی شدند. نمونه‌برداری و نحوه انجام آزمایش با توجه به روش پیشنهادی اتون و فرانسون (۲۰۰۵) و نیلسون و نیلسون (۲۰۰۶) انجام شد. سپس نمونه‌های مخلوط تهیه شده یک لیتری به آزمایشگاه دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی مازندران ارسال شدند. ابتدا نمونه‌ها را صاف شده و سپس با توجه به کد نمونه، pH نمونه در محیط اسیدی تنظیم شد (pH=5/4) و سپس نمونه‌ها را به یخچال منتقل و در روز مربوطه ۱۰۰ cc نمونه را به آزمایشگاه آنالیز منتقل داده و بعد از کشیدن منحنی استاندارد که به صورت روزانه برای فلز تهیه شد، نسبت به قرائت دستگاهی هر فلز اقدام گردید.

**آنالیز نمونه رسوب:** نمونه‌برداری از رسوبات با استفاده از گراپ مدل اکمن (EKMAN) با ابعاد (۱۵×۱۵) (۳ تکرار در هر ایستگاه) انجام گرفت. از نمونه‌های گرفته شده مقدار ۵ گرم از رسوب

خشک شده را توزین و سپس در کوره‌ای با دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت نیم‌ساعت حرارت داده شدند. پس از آن مقداری اسید کلریدریک (نسبت ۱:۱) به آن افزوده شد و در بنماری در حرارت ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار گرفتند. بعد از صاف کردن، محتویات روی کاغذ صافی در سه مرحله تحت اثر اسید کلریدریک و اسید فلوریک بوده‌اند و سپس در بنماری تحت حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد گذاشته شدند. سپس نمونه‌ها بعد از عبور از صافی با آب غیر یونیزه به حجم ۵۰ سی سی رسانده شدند. در پایان، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و توسط دستگاه جذب اتمی مدل پرکین ۴۰۰ میزان غلظت فلزات موردنظر سنجیده شدند. البته قبل از شروع قرائت نمونه‌ها، ابتدا استانداردهای هر فلز با غلظت‌های مشخص از قبل تهیه شده و به دستگاه تزریق شدند و منحنی استاندارد هر فلز با ضریب رگرسیون آن به دست آمد (نیلسون و نیلسون، ۲۰۰۶).

**روش آماری مورد استفاده:** در این پژوهش به منظور بررسی آماری داده‌های مربوط به آب و رسوب ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و p-p plots در محیط نرم‌افزار SPSS20.0 بررسی شدند و نشان داد که داده‌ها نرمال هستند. سپس بعد از به دست آوردن مقادیر میانگین و انحراف معیار ( $x \pm SD$ ) به شکل توضیحی با یکدیگر مقایسه شدند. به منظور مقایسه نتایج در بین گروه‌ها و مقایسه زمانی از آماره Tukey استفاده شد. تمام داده‌ها در سطح احتمال ۵ درصد بررسی شدند.

## نتایج

مقایسه فلزات سنگین در آب در فصل زمستان، بهار و تابستان - سال ۱۳۸۶-۸۷: مطابق جدول ۲، میانگین فلز روی در فصل زمستان در تالاب گمیشان بالاترین و در ساحل شرقی کمترین مقدار را داشت. بیشترین مقدار میانگین اندازه‌گیری شده ۲۱۴/۸۳ میکروگرم بر لیتر مربوط به فلز سرب در تالاب گمیشان و کمترین مقدار میانگین اندازه‌گیری شده ۲۸/۸۳ میکروگرم بر لیتر مربوط به فلز کروم در ساحل شرقی بود.

## غلامعلی بندانی و همکاران

جدول ۲- میزان سرب، کادمیوم، کروم و روی در نمونه‌های آب در تالاب گمیشان، خلیج گرگان، ساحل غربی و شرقی در فصل زمستان سال ۸۶- واحد میکروگرم بر لیتر.

منطقه	روی	کروم	کادمیوم	سرب
تالاب گمیشان	حداکثر	۲۶/۹۴	۱۱۶/۲۵	۳۱۷/۱۶
	حداقل	۱۹/۹۹	۸۳/۶۷	۱۱۲/۴۹
	میانگین	۲۳/۴۷	۹۹/۹۶	۲۱۴/۸۳
	انحراف معیار	۴/۹۱	۲۳/۰۴	۱۴۴/۷۲
خلیج گرگان	حداکثر	۳۹/۹۹	۱۰۶/۶۶	۱۸۰/۵۲
	حداقل	۳۷/۸۲	۱۰۳/۴۷	۱۷۹/۷۱
	میانگین	۳۹/۸۴	۱۰۵/۳۹	۱۵۲/۸۱
	انحراف معیار	۱/۹۵	۱/۶۹	۴۷/۲۹
ساحل غربی	حداکثر	۵۲/۱۵	۱۱۴/۹۷	۱۹۰/۵۵
	حداقل	۲۶/۹۶	۱۰۷/۹۴	۱۰۴/۴۰
	میانگین	۴۳/۷۵	۱۱۰/۹۲	۱۳۹/۶۱
	انحراف معیار	۱۴/۵۴	۳/۶۳	۴۵/۱۸
ساحل شرقی	حداکثر	۳۵/۶۴	۱۱۴/۹۷	۱۵۰/۴۵
	حداقل	۲۳/۹	۹۵/۱۷	۷۳/۱۷
	میانگین	۲۸/۸۳	۱۰۴/۶۷	۱۱۵/۰۴
	انحراف معیار	۶/۰۹	۹/۹۲	۳۹/۰۴

بررسی فلزات سنگین در فصل بهار (جدول ۳) نشان داد که در بین مناطق ساحل شرقی و تالاب گمیشان میانگین فلز روی نسبت به سایر فلزات از تفاوت کمتری برخوردار است. کمترین مقدار میانگین فلز اندازه‌گیری شده ۵۰/۳۶ میکروگرم بر لیتر مربوط به روی در ساحل شرقی و بیشترین مقدار میانگین ۱۶۴/۸۳ میکروگرم لیتر مربوط به سرب در ساحل شرقی می‌باشد.

بهره‌برداری و پرورش آبزیان (۵)، شماره (۱) بهار ۱۳۹۵

جدول ۳- میزان سرب، کادمیوم، کروم و روی در نمونه‌های آب در تالاب گمیشان، خلیج گرگان، ساحل غربی و شرقی در فصل بهار سال ۸۷- واحد میکروگرم بر لیتر.

منطقه	روی	کروم	کادمیوم	سرب
تالاب گمیشان	حداکثر	۱۰۵/۶	۱۲۳/۷۱	۱۹۲/۸
	حداقل	۷۴/۹	۷۸/۴	۱۲۳/۵۱
	میانگین	۹۱/۱۷	۱۰۱/۲۸	۱۶۰/۲۶
	انحراف معیار	۱۵/۸۵	۱۹/۳۴	۳۴/۸۱
خلیج گرگان	حداکثر	۱۷۶/۶	۱۳۴/۲۱	۲۱۳/۶
	حداقل	۶۵/۰۴	۷۷/۱	۲۱۲/۲
	میانگین	۱۱۵/۸۹	۱۰۲/۸۴	۱۴۸/۶۰
	انحراف معیار	۴۴/۸۶	۲۶/۰۲	۳۳/۷۴
ساحل غربی	حداکثر	۲۰۲/۶۰	۱۲۵/۱۶	۱۹۸/۳۱
	حداقل	۷۶/۲۰	۷۵/۲۹	۱۰۸/۵۱
	میانگین	۱۲۲/۴۸	۹۱/۲۴	۱۵۸/۴
	انحراف معیار	۵۰/۹۹	۱۸/۴۱	۳۵/۶
ساحل شرقی	حداکثر	۱۵۹/۳	۱۳۹/۰۶	۲۰۲/۱
	حداقل	۹۴/۶۱	۷۲/۷	۱۰۷/۶
	میانگین	۱۲۶/۰۲	۹۴/۶۵	۱۶۴/۸۴
	انحراف معیار	۲۶/۰۶	۲۴/۷۱	۳۳/۰۵

بررسی فلزات سنگین در فصل تابستان مطابق جدول ۴ نشان می‌دهد که بیشترین مقدار میانگین اندازه‌گیری شده از فلزات مورد مطالعه ۱۴۵/۳ میکروگرم بر لیتر مربوط به سرب در تالاب گمیشان بوده در حالی که کمترین میزان میانگین اندازه‌گیری شده در این ارتباط ۶۵/۱۴ میکروگرم بر لیتر مربوط به فلز روی در منطقه ساحل شرقی می‌باشد.



## غلامعلی بندانی و همکاران

جدول ۴- میزان سرب، کادمیوم، کروم و روی در نمونه‌های آب در تالاب گمیشان، خلیج گرگان، ساحل غربی و شرقی در فصل تابستان سال ۸۷- واحد میکروگرم بر لیتر.

منطقه	روی	کروم	کادمیوم	سرب
تالاب گمیشان	حداکثر	۱۰۶/۳۲	۱۰۰/۷۵	۱۲۸/۵۵
	حداقل	۵۷/۷۱	۹۲/۱۹	۱۲۰/۳۳
	میانگین	۸۲/۰۲	۹۶/۴۷	۱۲۰/۴۶
	انحراف معیار	۳۴/۳۷	۶/۰۵	۱۱/۴۴
خلیج گرگان	حداکثر	۱۳۵/۳۲	۸۴/۹۱	۱۰۳/۶۳
	حداقل	۷۹/۱۹	۶۴/۱۵	۸۲/۹۶
	میانگین	۱۱۶/۰۲	۷۵/۱	۹۱/۹۷
	انحراف معیار	۱۹/۰۷	۱۰/۴۳	۱۰/۵۹
ساحل غربی	حداکثر	۷۸/۹۵	۱۰۶/۲۴	۹۴/۷۱
	حداقل	۶۱/۶۸	۵۴/۳۰	۵۷/۲۴
	میانگین	۷۱/۶۱	۸۳/۵۹	۷۹/۴۹
	انحراف معیار	۸/۹۲	۲۶/۶۰	۱۹/۷۰
ساحل شرقی	حداکثر	۸۲/۰۲	۷۹/۶۱	۹۹/۰۷
	حداقل	۵۲/۱۳	۵۸/۵۱	۵۰/۳
	میانگین	۶۵/۱۴	۷۰/۲۵	۷۳/۸۳
	انحراف معیار	۱۵/۳۲	۱۰/۷۵	۲۴/۴۳

مقایسه فلزات سنگین در رسوبات در فصل زمستان، بهار و تابستان - سال ۸۷-۱۳۸۶: در مجموع سطح میانگین فلزات سنگین اندازه‌گیری شده در چهار منطقه مورد بررسی در نمونه‌های رسوب بیشتر از نمونه‌های آب می‌باشد. بیشترین میانگین اندازه‌گیری شده ۲۶۱۳ میکروگرم بر لیتر مربوط به فلز روی در ساحل غربی و کمترین میانگین اندازه‌گیری شده ۱۲۷/۸۷ میکروگرم بر لیتر مربوط به فلز کادمیوم در خلیج گرگان می‌باشد (جدول ۵).

بهره‌برداری و پرورش آبزیان (۵)، شماره (۱) بهار ۱۳۹۵

جدول ۵- میزان سرب، کادمیوم، کروم و روی نمونه‌های رسوب در تالاب گمیشان، خلیج گرگان، ساحل غربی و شرقی در فصل زمستان سال ۸۶- واحد میکروگرم بر لیتر.

منطقه	روی	کروم	کادمیوم	سرب
تالاب گمیشان	حداکثر	۹۷۲/۲	۱۳۲/۶	۱۸۲۳/۹
	حداقل	۳۷۳/۱	۱۲۸/۳	۱۸۰۰/۸
	میانگین	۶۷۲/۶۵	۱۳۰/۴۵	۱۸۱۲/۳۵
	انحراف معیار	۴۰۸/۴۲	۳/۰۴	۱۶/۳۳
خلیج گرگان	حداکثر	۸۵۲/۷	۱۳۵/۵	۱۹۶۲/۴
	حداقل	۴۵۲/۶	۱۲۱/۲	۷۰۴/۲
	میانگین	۶۸۵/۶۳	۱۲۷/۸۷	۱۱۶۲/۰۷
	انحراف معیار	۲۰۸/۰۵	۷/۲۰	۶۹۵/۵۱
ساحل غربی	حداکثر	۸۲۱/۷۰	۱۳۶/۹۰	۱۷۶۶/۲۰
	حداقل	۴۱۰/۱۰	۱۱۹/۸۰	۸۵۴/۲۰
	میانگین	۵۵۹/۴۰	۱۲۹/۳۰	۱۴۱۹/۸۷
	انحراف معیار	۲۲۸/۷۸	۸/۷۱	۴۹۳/۹۸
ساحل شرقی	حداکثر	۶۷۱/۲	۱۳۱/۳	۲۲۰۴/۸
	حداقل	۴۲۳/۴	۱۲۸/۳	۹۵۸/۱
	میانگین	۵۷۰/۸۷	۱۲۹/۸۰	۱۷۰۴/۶۰
	انحراف معیار	۳۱۱/۱۸	۱/۵۰	۶۵۸/۸۳

بیشترین سطح میانگین فلز اندازه‌گیری شده در فصل بهار مطابق جدول ۶ مربوط به فلز روی ۲۴۹۷/۲۵ میکروگرم بر لیتر در منطقه گمیشان و کمترین میزان میانگین فلز سنگین اندازه‌گیری شده ۱۲۱/۷ میکروگرم بر لیتر مربوط به فلز کادمیوم در منطقه خلیج گرگان می‌باشد.

## غلامعلی بندانی و همکاران

جدول ۶- میزان سرب، کادمیوم، کروم و روی نمونه‌های رسوب در تالاب گمیشان، خلیج گرگان، ساحل غربی و شرقی در فصل بهار سال ۸۷- واحد میکروگرم بر لیتر.

منطقه	روی	کروم	کادمیوم	سرب
تالاب گمیشان	حداکثر	۷۵۹/۱	۱۸۲/۵	۳۲۳۲/۲
	حداقل	۵۰۰/۹	۹۲/۷	۱۸۹۳/۱
	میانگین	۶۱۵/۶۳	۱۳۵/۱۵	۲۳۶۰/۶۸
	انحراف معیار	۱۱۳/۱۹	۴۱/۲۵	۶۳۲/۶۵
خلیج گرگان	حداکثر	۹۴۸/۵	۱۶۶/۹	۳۲۴۳/۸
	حداقل	۳۶۶/۴	۷۵/۶	۱۲۹۲/۹
	میانگین	۷۲۶/۵۳	۱۲۱/۷۰	۱۹۶۰/۵۲
	انحراف معیار	۲۲۰/۹۷	۴۲/۱۱	۷۳۶/۳۲
ساحل غربی	حداکثر	۹۳۴/۷۰	۱۵۵/۵۰	۲۴۰۱/۱۰
	حداقل	۳۸۳/۳۰	۱۰۲/۷۰	۱۶۳۹/۲۰
	میانگین	۷۰۳/۰۷	۱۲۹/۷۸	۲۱۱۲/۴۸
	انحراف معیار	۱۸۷/۴۹	۲۵/۰۵	۲۸۸/۹۲
ساحل شرقی	حداکثر	۹۴۷/۵	۱۶۹/۷	۲۹۰۸/۹
	حداقل	۵۷۷/۳	۹۸/۴	۱۷۸۶/۳
	میانگین	۷۰۱/۰۰	۱۳۹/۷۵	۲۳۳۱/۳۰
	انحراف معیار	۱۳۸/۷۹	۳۰/۱۵	۴۰۰/۷۹

مطابق جدول ۷، سطح میانگین مقدار فلز کادمیوم در چهار منطقه مورد بررسی در فصل تابستان افزایش یافته است. بیشترین سطح میانگین اندازه‌گیری شده فلزات مورد بررسی مربوط به فلز روی با مقدار ۳۰۰۰/۷ میکروگرم بر لیتر در منطقه تالاب گمیشان و کمترین سطح اندازه‌گیری شده با میانگین ۱۳۳/۸۷ میکروگرم بر لیتر مربوط به فلز کادمیوم در منطقه خلیج گرگان می‌باشد.

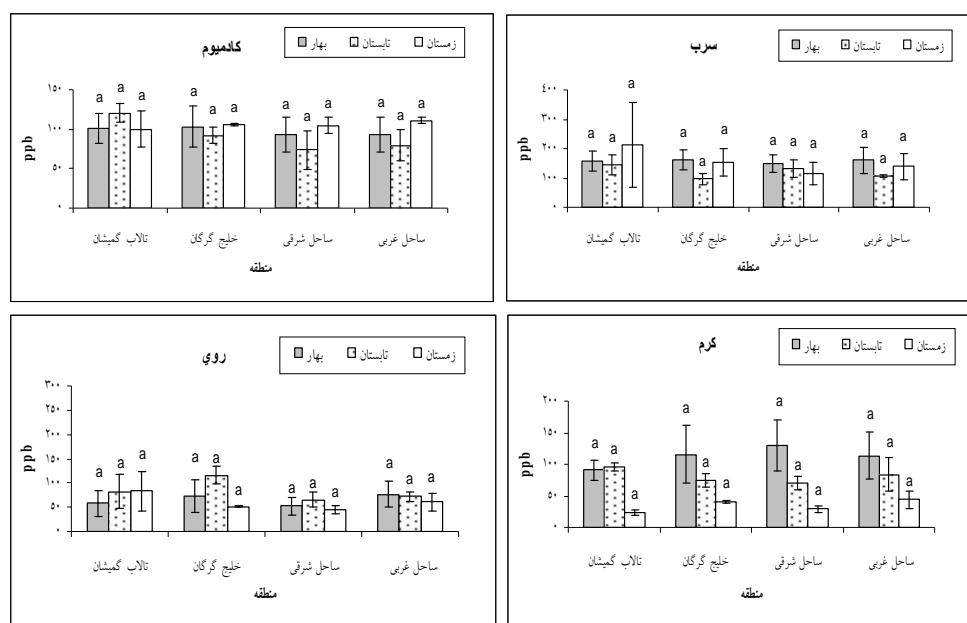
بهره‌برداری و پرورش آبزیان (۵)، شماره (۱) بهار ۱۳۹۵

جدول ۷- میزان سرب، کادمیوم، کروم و روی نمونه‌های رسوب در تالاب گمیشان، خلیج گرگان، ساحل غربی و شرقی در فصل تابستان سال ۸۷- واحد میکروگرم بر لیتر.

منطقه	روی	کروم	کادمیوم	سرب
تالاب گمیشان	حداکثر	۷۱۹/۷	۱۹۷/۷	۲۸۳۲/۳
	حداقل	۶۲۴/۱	۱۶۷/۲	۲۱۲۰/۱
	میانگین	۶۷۱/۹۰	۱۸۲/۴۵	۲۴۷۶/۲۰
	انحراف معیار	۲۳/۴۸	۲۱/۵۷	۵۰۳/۶۰
خلیج گرگان	حداکثر	۸۲۵/۳	۱۵۹/۵	۲۱۸۲/۶
	حداقل	۵۸۳/۶	۱۰۲/۲	۱۶۰۳/۹
	میانگین	۶۷۰/۳۳	۱۳۳/۸۷	۱۸۵۷/۷۳
	انحراف معیار	۱۳۴/۵۲	۲۹/۱۲	۲۹۵/۸۲
ساحل غربی	حداکثر	۷۲۱/۹۰	۱۶۰/۲۰	۲۰۲۱/۲۰
	حداقل	۵۸۶/۹۰	۱۳۷/۸۰	۱۹۸۲/۴۰
	میانگین	۶۵۸/۱۷	۱۴۹/۴۳	۱۹۹۶/۷۷
	انحراف معیار	۶۷/۹۲	۱۱/۲۳	۲۱/۲۷
ساحل شرقی	حداکثر	۶۸۰/۱	۱۷۰/۵	۲۶۰۷/۵
	حداقل	۵۱۵/۳	۱۴۱/۶	۲۱۳۴/۵
	میانگین	۵۹۶/۵۳	۱۵۶/۰۷	۲۳۱۸/۲۰
	انحراف معیار	۸۱/۶۱	۱۴/۴۵	۲۵۳/۵۷

نمودارهای آنالیز میزان فلزات سنگین در آب مناطق مختلف به تفکیک فصل: مطابق شکل ۲، مشخص می‌گردد که در حالت کلی اختلاف معنی‌داری در میزان سرب در آب چهار منطقه مورد بررسی در فصول زمستان، بهار و تابستان دیده نمی‌شود ( $P > 0.05$ ). همچنین با توجه به روش آنالیز واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها مشخص می‌شود که در داخل گروه‌ها برای سه فصل مذکور نیز اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ( $P > 0.05$ ). همان‌طوری که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود که میانگین میزان کادمیوم آب چهار منطقه مورد بررسی در فصول زمستان، بهار و تابستان در حالت کلی اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد ( $P > 0.05$ ). نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که در داخل گروه‌ها (مناطق مورد بررسی) نیز اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

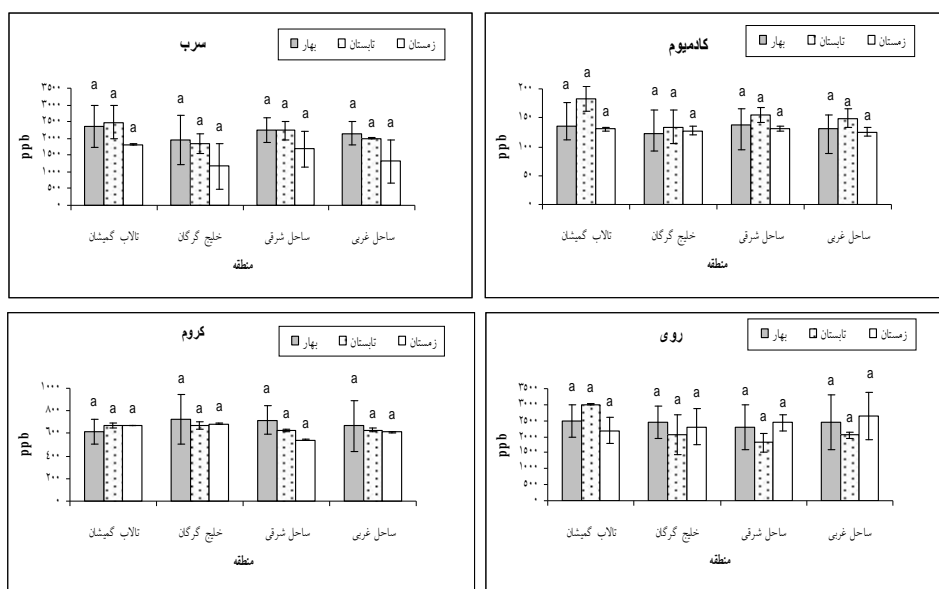
( $P > 0/05$ ). میانگین میزان کروم و روی در آب چهار منطقه مورد بررسی در فصول زمستان، بهار و تابستان نشان می‌دهد که در حالت کلی اختلاف معنی‌داری بین مناطق دیده نمی‌شود ( $P > 0/05$ ). آنالیز واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین، نتایج مشابهی را در داخل گروه‌ها برای سه فصل مذکور نشان داد ( $P > 0/05$ ).



شکل ۲- میزان فلز سرب، کادمیوم، کروم و روی در آب در تالاب گمیشان، خلیج گرگان، ساحل غربی و شرقی در فصول مختلف- سال ۸۶-۸۷

نمودارهای آنالیز میزان فلزات سنگین در رسوب مناطق مختلف به تفکیک فصل: مطابق شکل ۳، در فصول زمستان، بهار و تابستان بین میانگین میزان سرب در رسوب چهار منطقه مورد بررسی در حالت کلی اختلاف معنی‌داری دیده نشد ( $P > 0/05$ ). همچنین با توجه به روش آنالیز واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که در داخل گروه‌ها برای سه فصل مورد بررسی نیز اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ( $P > 0/05$ ). همچنین میانگین میزان کادمیوم در رسوب چهار منطقه مورد بررسی در فصول زمستان، بهار و تابستان در حالت کلی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ( $P > 0/05$ ). با

توجه به روش آنالیز واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها، در داخل گروه‌ها نیز برای سه فصل مذکور اختلاف معنی‌داری دیده نشد ( $P > 0/05$ ). با توجه به شکل ۳، بین میانگین میزان کروم در رسوب چهار منطقه مورد بررسی در فصول زمستان، بهار و تابستان در حالت کلی اختلاف معنی‌داری دیده نشد ( $P > 0/05$ ). همچنین، اختلاف معنی‌داری در داخل گروه‌ها در سه فصل بررسی شده نیز وجود نداشت ( $P > 0/05$ ). میانگین میزان روی در رسوب چهار منطقه مورد بررسی در فصول زمستان، بهار و تابستان در حالت کلی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ( $P > 0/05$ ). از طرفی در داخل گروه‌ها نیز اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ( $P > 0/05$ ).



شکل ۳- میزان فلز سرب، کادمیوم، کروم و روی در رسوب مناطق مختلف در فصول مختلف- سال ۸۷-۸۶

### بحث

میزان فلزات سنگین در آب: مقایسه میانگین فلز سرب در مناطق مورد بررسی نشان داد که در فصل زمستان سطح سرب با میزان  $214/83 \pm 114/72$  میکروگرم بر لیتر بالاترین سطح را دارد. بالا بودن سطح فلز سرب در زمستان می‌تواند در ارتباط فعالیت زیاد قایق‌های موتوری مربوط به تعاونی‌های پره مستقر در منطقه و قایق‌های یگان حفاظت منابع صیادان غیر مجاز باشد که در این فصل بیشتر فعال

هستند. همچنین ورود آب خروجی زهکش منطقه حفاظت شده تالاب بین‌المللی آلاگل به منطقه تالاب گمیشان نیز می‌تواند در این خصوص تأثیرگذار می‌باشد. بالا بودن میزان سرب در بقیه ایستگاه‌ها در فصل بهار نسبت به فصل زمستان می‌تواند به دلیل تردد زیاد جوامع انسانی با انواع وسایل نقلیه به مناطق فعالیت پره‌های صیادی جهت خرید ماهی و فعالیت‌های توریستی باشد. از آنجایی که سرب از طریق نزولات جوی وارد اکوسیستم‌های آبی شده و رسوب می‌نماید (اشجع اردلان و همکاران، ۲۰۰۷)، طبیعتاً بارندگی‌های فصل زمستان می‌تواند در این ارتباط تأثیرگذار بوده باشد. ضمناً در مقایسه چهار فلز مورد بررسی در منطقه تالاب گمیشان فلز سرب بالاترین سطح را در بین فلزات مورد بررسی به خود اختصاص داده که می‌تواند در ارتباط با عوامل مذکور باشد. همچنین با توجه به میزان استاندارد سرب در آب (۴۰۰-۲۰ میکروگرم بر لیتر)، میزان اندازه‌گیری شده سرب در تمامی نمونه‌های مورد بررسی در حد مجاز بوده است (لیپ، ۱۹۸۰؛ هلث، ۱۹۸۷).

میانگین تغییرات فلز کادمیوم در چهار منطقه برای فصول مختلف نشان دارد که بالاترین سطح فلز کادمیوم به میزان  $120/46 \pm 11/40$  میکروگرم بر لیتر مربوط به منطقه تالاب گمیشان بوده، البته بیشترین تغییرات منطقه‌ای این فلز مربوط به فصل تابستان بوده است. نتایج آزمون آماری تغییرات میانگین سطح فلز کادمیوم (شکل ۲) برای سه فصل مورد بررسی معنی‌دار نبود ( $P > 0/05$ ). نظر به این‌که کودهای فسفاته یک منبع ورودی کادمیوم به محیط‌زیست هستند و کادمیوم معمولاً به‌طور طبیعی در آب‌های سطحی و زیرزمینی وجود دارد و نیز به فراوانی در پوسته زمین یافت می‌شود. از طرفی لجن فاضلاب دارای بیش از ۳۰ میکروگرم بر لیتر کادمیوم می‌باشد (کلارک، ۲۰۰۱). بنابراین، کانال زهکش منتهی به تالاب در این ارتباط بسیار مهم بشمار می‌رود. هر چند این فلز آلاینده حاصل سوخت وسایل نقلیه بنزین سوز محسوب می‌شوند ولی یکی از عوامل مرتبط به موضوع افزایش این فلز را می‌توان تردد قایق‌های صیادان غیر مجاز دانست که در این منطقه نسبت به دیگر مناطق مورد مطالعه بیشتر است. همچنین با توجه به میزان استاندارد کادمیوم در آب (۴۰۰-۲۰ میکروگرم بر لیتر)، میزان اندازه‌گیری شده آن در تمامی نمونه‌های مورد بررسی در حد مجاز بوده است (لیپ، ۱۹۸۰؛ هلث، ۱۹۸۷).

مقایسه میانگین فلز کروم در چهار منطقه و فصول مورد ارزیابی نشان داد که در کل، میزان آلاینده‌گی به کروم در منطقه تالاب گمیشان در فصل زمستان نسبت به دیگر فصول کمترین مقدار را دارد و بیشترین میزان این فلز در این مناطق در فصل بهار و در منطقه ساحل شرقی معادل

۱۲۶/۰۲±۳۶/۰۶ میکروگرم بر لیتر بود. نتایج آزمون آماری در خصوص تغییرات سطح این فلز برای مناطق و فصول مختلف اختلاف معنی‌داری نشان نداد ( $P>0/05$ ). کروم به‌طور طبیعی در آب وجود ندارد و از آلودگی‌های صنعتی حاصل از پساب کارگاه‌های فلز کاری، رنگ‌سازی به‌صورت کرومات و بی‌کرومات وارد جریان آب می‌شود (آقا نجفی‌زاده، ۱۹۹۷). احتمالاً نزولات جوی در فصل زمستان و ادامه آن در فصل بهار باعث شده است که این آلودگی‌ها از فاصله دورتری توسط آب رودخانه‌ها شسته شده به این منطقه رسیده باشند، به‌طوری که تأثیر آن بیشتر در فصل بهار دیده می‌شود. نظر به این‌که توزیع پساب کارگاه‌های فلز کاری، رنگ‌سازی در همه منطبق یکسان نیست. لذا در بعضی مناطق میزان آلودگی بیشتر می‌باشد. از آنجایی که سطح استاندارد این فلز در آب ۴۰۰-۱۰۰ میکروگرم بر لیتر است، بنابراین مقادیر به‌دست آمده در این مطالعه در حال حاضر در محدوده مجاز می‌باشد.

میانگین فلز روی در چهار منطقه مورد بررسی و در فصول مختلف نشان داد که در کل سطح روی در منطقه ساحل غربی در فصل بهار معادل  $120/61 \pm 98/31$  میکروگرم بر لیتر است. نتایج آزمون آماری در خصوص تغییرات سطح این فلز برای مناطق و فصول مختلف اختلاف معنی‌داری نشان نداد ( $P>0/05$ ). در مطالعه رجایی و همکاران (۲۰۱۲) در خلیج گرگان و مصب گرگانرود فلز سرب بیشترین مقدار را در آب داشته و مقایسه نتایج آن‌ها با مقدار حد مجاز آن‌ها در آب نشان داده است که میزان کروم، کادمیوم و سرب در زمان انجام تحقیق بیشتر از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی (WHO) می‌باشد. در حالی که در مطالعه حاضر میزان مذکور کمتر از حد مجاز سازمان بهداشت جهانی بود. همچنین در مطالعات حسن پور و همکاران (۲۰۱۲) در جنوب شرقی دریای خزر (سواحل استان گلستان) بیشترین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب متعلق به سرب بوده است. مطابق گزارش نریاگو (۱۹۸۰) فلز روی به فراوانی در خاک و سنگ وجود دارد. بنابراین نوع ساختار زمین‌شناسی منطقه، صنایع تولید کننده این فلز از جمله کارخانه‌های تولید رنگ، لاستیک، فعالیت‌های حفاری که در منطقه فراوان دیده می‌شوند، می‌تواند در این خصوص مرتبط باشند. همچنین استفاده زیاد از کودهای شیمیایی، حشره‌کش‌ها در زمین‌های کشاورزی می‌تواند از عوامل مؤثر در بالاتر بودن سطح فلز روی در چهار منطقه مورد بررسی باشد. البته در بین فصول مورد ارزیابی در این مناطق اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ( $P>0/05$ ) ولی در مطالعات رجایی و همکاران (۲۰۱۲) در مقایسه سطح فلزات سنگین در ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده شده است. میزان سطح استاندارد این فلز در آب دریا که ۱۰۰ میکروگرم بر لیتر می‌باشد. لذا بالاتر بودن میانگین میزان فلز



روی از سطح استاندارد جهانی در ساحل غربی و خلیج گرگان می‌تواند هشدار دهنده در میزان آلاینده‌گی آن در آب این مناطق باشد.

**میزان فلزات سنگین در رسوب:** میانگین فلز سرب در رسوبات مناطق مورد مطالعه در فصول مختلف نشان داد که بیشترین میزان این فلز مربوط به منطقه تالاب گمیشان معادل  $247620 \pm 503760$  میکروگرم بر لیتر در فصل تابستان می‌باشد ولی در مطالعات رجایی و همکاران (۲۰۱۲) بیشترین مقدار فلزات سنگین در رسوبات مربوط به فلز روی بوده است. همچنین مطابق نتایج آن‌ها، غلظت فلزات سنگین در رسوب پایین‌تر از سطح سازمان بهداشت جهانی بوده است. مطابق شکل ۳، سطح این فلز در مناطق مختلف برای فصول زمستان، تابستان و بهار اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ( $P > 0/05$ ). آقاجری و همکاران (۲۰۱۲) بین غلظت‌های سرب در ستون آب و رسوبات سطحی همبستگی مثبت و بالایی مشاهده کردند. ولی در مطالعات حسن‌پور و همکاران (۲۰۱۲) در جنوب شرقی دریای خزر (سواحل استان گلستان) بیشترین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های رسوب متعلق به روی بوده است. میزان رسوب فلز سرب تابع تغییرات در زمان‌های طولانی‌تر در حد چند سال می‌باشد و علت بالا بودن سطح این فلز در رسوب منطقه تالاب گمیشان با میزان این فلز در آب همین منطقه ارتباط مستقیم دارد. طبق مطالعات پری زنگنه و لاکان (۲۰۰۷) ابعاد دانه‌های رسوبات تأثیر قابل توجهی بر توزیع مکانی فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه دارند. در مطالعات وفایی (۲۰۰۰) در سواحل جنوبی دریای خزر به این موضوع اشاره شده که ساختار شیمیایی رسوبات به میزان عناصر موجود در آب، نرخ رسوب‌گذاری عناصر از آب به رسوب، شرایط فیزیکی و شیمیایی عناصر و همچنین ویژگی‌های آب از نظر pH، قلیائیت و غلظت اکسیژن بستگی دارد. بابایی سیاهگل (۲۰۰۱) در مطالعات خود در مناطق سفارود، گرگان رود و حویق به این نکته اشاره می‌کند که در تالاب انزلی به دلیل متأثر شدن از نفوذ آب دریا و تغییرات شوری آب برخی از فلزات سریع‌تر رسوب می‌نمایند. با عنایت به موارد مذکور، بالا بودن سطح فلز سرب در رسوبات منطقه گمیشان می‌تواند در ارتباط با بالا بودن مقدار آن در آب منطقه، بالا بودن سرعت رسوب شدن فلز سرب باشد.

بر اساس نتایج جداول ۵ تا ۷، بیشترین میزان میانگین فلز کادمیوم معادل  $182/45 \pm 21/57$  میکروگرم بر لیتر مربوط به منطقه تالاب گمیشان در فصل تابستان بود. نتایج آزمون آماری سطح این فلز در مناطق مختلف برای فصول زمستان، تابستان و بهار اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ( $P > 0/05$ ).

بر اساس مطالعات، کادمیوم در آب‌ها به‌طور معمول همراه با روی وجود دارد ولی غلظت آن خیلی کمتر از روی است. در بررسی حاضر این موضوع مشهود می‌باشد. در تالاب گمیشان که مقدار روی در فصل تابستان بیشترین مقدار را دارد، میزان سطح کادمیوم نیز بالا بود، اما در مقایسه با روی در سطح پایین‌تری قرار داشت.

با توجه به جداول ۵ تا ۷، بیشترین میزان میانگین فلز کروم در رسوبات مربوط به منطقه خلیج گرگان معادل  $726/53 \pm 220/97$  میکروگرم بر لیتر بود. هر چند تغییراتی در مناطق مورد بررسی برای فصول مختلف مشاهده شد. اما بر اساس نتایج آزمون آماری در بین مناطق مختلف برای فصول زمستان، بهار و تابستان اختلاف معنی‌داری نشان نداد ( $P > 0/05$ ). پساب‌های کارخانجات صنعتی و کارگاه‌ها، روستاها، شهرهای کردکوی و بندرگز که در محدوده بالا دست رودخانه قره سو قرار گرفته اند واجد لجن قابل توجه بوده که ناشی از فاضلاب‌ها تصفیه نشده است. لذا بالا بودن سطح این فلز را می‌تواند در ارتباط با منابع مذکور دانست.

نتایج جداول ۵ تا ۷ مؤید بیشترین مقدار میانگین فلز روی معادل  $3000/70 \pm 23/48$  میکروگرم بر لیتر در منطقه تالاب گمیشان در فصل تابستان بود. علی‌رغم تغییرات مشاهده شده در جداول مذکور، نتایج آزمون آماری مطابق شکل ۳ اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ( $P > 0/05$ ). بر اساس نتایج ارائه شده در مطالعات پری زنگنه و لاکان (۲۰۰۷) در محدوده سواحل جنوبی دریای خزر از آستارا تا سواحل شرقی استان گلستان میزان روی در بین فلزات سنگین مورد بررسی بالاترین مقدار را داشت. نتایج مطالعات اشجع اردلان و همکاران (۲۰۰۷) در منطقه تالاب انزلی نیز نشان داد که میزان سطح فلز روی نسبت به دیگر فلزات در محیط آب و رسوب بالاترین مقدار را داشت. با توجه به نتایج مطالعات صورت گرفته و نتایج مطالعه حاضر، عوامل تأثیرگذار را بایستی کارخانجات، صنایع و یا آلودگی‌های کشاورزی و خانگی دانست که از طریق رودخانه‌ها یا ریزش‌های جوی به دریا منتقل می‌شوند. از طرفی بر اساس مطالعات نریاگو (۱۹۸۰)، روی عنصری است که به فراوانی در بیشتر سنگ‌ها و خاک‌ها وجود دارد. بنابراین احتمالاً سطح زیاد فلز روی در ارتباط با پروسه‌های زمین‌شناسی باشد. مقایسه میزان فلزات سنگین در پوسته زمین، رسوبات جهانی، رودخانه‌های جهانی، آب و رسوب مناطق مورد مطالعه در جدول ۸ آورده شده است.

با توجه به استانداردهای ارائه شده از سوی سازمان‌های متولی سلامت مثل سازمان بهداشت جهانی (WHO) و استانداردهای زیست‌محیطی جهانی فلزات در آب و رسوب (جدول ۸)، نتایج

تحقیق حاضر نشان داد که خوشبختانه سطح آلودگی سرب، کادمیوم، روی و کروم در آب و رسوب کمتر از میزان استانداردهای جهانی است. بنابراین اگر به روند تغییرات میزان آلودگی فلزات سنگین مورد بررسی بر طبق تحقیقات انجام شده در گذشته و حال در دریای خزر توجه گردد، روند رو به افزایش در میزان آلودگی این فلزات مشاهده می‌شود که نگرانی جدی را برای منطقه به لحاظ اکولوژیک و هم به لحاظ سلامت عمومی مردم به وجود می‌آورد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که تمامی شهرها و روستاهای حاشیه رودخانه‌های منتهی به دریا به سیستم جمع‌آوری زباله و فاضلاب تجهیز شوند تا از ورود مستقیم آن به رودخانه‌ها جلوگیری شود. علاوه بر این کلیه کارخانه‌های مستقر در شهرک‌های صنعتی و خارج از آن ملزم به به‌کارگیری سیستم‌های کنترل فاضلاب خروجی گردند.

جدول ۸- میزان فلزات سنگین در پوسته زمین، رسوبات جهانی (لویسون، ۱۹۸۰)، رودخانه‌های جهانی (لیپ، ۱۹۸۰) و آب و رسوب مناطق مورد مطالعه (واحد میکروگرم بر لیتر).

Zn	Cr	Cd	Pb	استانداردها و مناطق
۷۵۰۰۰	-	-	۱۴۰۰۰	میانگین عناصر در پوسته زمین
۹۵۰۰۰	-	-	۱۹۰۰۰	میانگین عناصر در رسوبات جهانی
۲۰	۱	-	۳	میانگین عناصر در آب رودخانه‌های جهانی
۹۹/۲±۷۴	۸۶/۶±۴۳	۱۰۰/۷±۱۸	۱۳۶/۶±۳۶	میانگین عناصر در آب خلیج گرگان
۲۳۱۵/۴۳±۵۲۱	۷۰۲/۲۶±۱۴۸	۱۲۶/۲۸±۳۱	۱۷۳۵/۲۵±۶۸۶	میانگین عناصر در رسوب خلیج گرگان
۷۰/۳۱±۲۹	۷۵/۵۷±۳۴	۱۰۵/۷۵±۱۸	۱۷۰/۱۶±۶۷	میانگین عناصر در آب تالاب گمیشان
۲۵۴۸/۱۰±۷۴۹	۶۴۳/۹۵±۱۸۰	۱۴۵/۸۰±۳۵۶	۲۲۵۲/۴۸±۵۳	میانگین عناصر در رسوب تالاب گمیشان میشان
۵۳/۲۲±۱۵	۹۰/۷۲±۲۱	۹۲/۵۹±۲۱	۱۴۲/۳۷±۳۵	میانگین عناصر در آب ساحل شرقی
۲۲۱۵/۱۳±۵۶۹	۶۵۲/۲۸±۱۳۲	۱۴۰/۰۹±۲۲	۲۱۱۰/۵۳±۴۴۶	میانگین عناصر در رسوب ساحل شرقی
۱۱۲/۰۹±۸۳	۸۹/۸۴±۳۹	۹۳/۵۷±۲۱	۱۴۱/۷۰±۴۳	میانگین عناصر در آب ساحل غربی
۲۴۰۹/۳۵±۶۶	۶۴۳/۰۷±۱۸	۱۳۳/۸۶±۱۹	۱۹۰/۱/۵۶±۵۰۰	میانگین عناصر در رسوب ساحل غربی

### سپاسگزاری

از حمایت‌کنندگان این پروژه به‌ویژه معاونت دریایی سازمان حفاظت محیط‌زیست، مدیر کل محترم حفاظت محیط‌زیست استان گلستان و تمامی همکارانی که ما را در انجام این پروژه یاری نموده‌اند، صمیمانه سپاسگزاریم.

منابع

1. Agha Jeri, S.N., Hasanpour, M., Ghorbani, R., and Poorkhabaz, A.R. 2012. Measurement of lead and iron concentrations in water, sediment and gammarus (*Pontogammarus maeoticus*) in Gomishan Wetland. Journal of Wetl. Ecobiol. 4: 13.19-26.
2. Agha Najafizade, Sh. 1997. The effects of heavy metals on the environment. Master's thesis, Esfahan University of Technology. 121p.
3. Ashja Ardalan, A., Khoukhou, Z.H., Rabbani, M., and Moeini, S. 2007. Comparative study for heavy metal concentration (Zn, Cu, Pb, Cd and Hg) in water, sediments and soft tissue of Anzali Lagoon anodent (*Anadonta cygnea*) sampled in in two seasons, autumn and spring. Pajouhesh Va Sazandegi. 19: 4.103-113.
4. Babaei Siah Gol, H. 2001. Investigation of heavy metals in water of the western rivers of Gilan Province (Shafaroud, Korgon River, Havigh). The final report of the project, Guilan Fisheries Research Center. 54p.
5. Bagheri, H., Darvish Bastami, K., Sharmad, T., and Bagheri, Z. 2012. Assessment of heavy metal distribution in the Gorgan Bay. Journal of Oceanogra. 11: 65-72.
6. Chale, F.M.M. 2002. Trace metal concentration in water, sediments and fish tissue from Lake Tanganyika. Sci. Total Environ. 229: 1-3.115-121.
7. Clark, R.B. 2001. Marine pollution. Oxford University Press, 248p.
8. Eaton, A.D., and Franson M.A. 2005. Standard Methods for the examination of water and wastewater. Washington, DC, American Public Health Association. 1496p.
9. Hassanpour, M., Pourkhabbaz, A., and Ghorbani, R. 2012. The measurement of heavy metals in water, sediment and wild bird (common coot) in Southeast Caspian Sea. Journal of Mazand Univ Med Sci. 22: 1.184-194.
10. Heath, A.G (Ed.). 1987. Water pollution and fish physiology. CRC Press, Inc, Florida, USA. 245p.
11. Jalali, B., and Aghazade Moshki, M. 2006. Fish toxicity of heavy metals in water and its importance in public health. Tehran, Man Ketab Publisher. 140p.
12. Khorasani, N., Shaygan, J., and Karimi Shari, N. 2006. A survey of metal concentration in the upper sediment layers of Bandar Abbas coasts. Iran. Journal of Natur. Res. 58: 4.861-869.
13. Lepp, N.W (Ed.). 1980. Metals in the environment. Vol. 2. Applied Science Publishers, London and New Jersey. 257p.
14. Levinson, A.A. 1980. Introduction to exploration geochemistry. Applied Pub Ltd. 924p.
15. Nielsen, D., and Nielsen, G.L. 2006. The essential handbook of ground-water sampling. New York, NY: CRC Press, Taylor and Francis. 328p.

16. Nriagu, J.O. (Ed.). 1980. Zinc in the environment: Ecological cycling. Wiley, New York. 917p.
17. Omid, S. 1997. The amount of heavy metals in the coastal waters of Bushehr Province. The final report of the project. Iranian Fisheries Research and Training Institute. 112p.
18. Pari Zanganeh, A.A.H., and Lakhan, Ch. 2007. A survey of heavy metals concentrations in the surface sediments along the Iranian coast of the Caspian Sea. *Water and Wastewater*. 18: 3.2-12.
19. Radojevic, M., and Bashkin, V. 1999. Practical environmental analysis. Royal Society of Chemistry, UK. 446p.
20. Rajaei, Q., Hasanpour, M., and Mehdinejad, M.H. 2012. Heavy metals concentration (Zinc, Lead, Chrome and Cadmium) in water and sediments of Gorgan Gulf and estuarine Gorganroud River, Iran. *Journal of Health Syst. Res.* 8: 5.748-756.
21. Rezvani Gil Kalai, S. 2001. Biological resources of the Caspian Sea. Iranian Fisheries Research Organization, Tehran. 130p. (Translated in Persian)
22. Vafaei, M. 2000. Survey of heavy metal concentrations in two species white fish and common carp in the southern coasts of the Caspian Sea. Master's thesis. Islamic Azad University, North Tehran Branch. 99p.

